

NOV 2004 / 002437

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

## PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



RECEIVED

05 JAN 2005

WIPO

PCT

### Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:**

103 55 036.4

**Anmeldetag:**

25. November 2003

**Anmelder/Inhaber:**

MTU Aero Engines GmbH, 80995 München/DE

**Bezeichnung:**

Verfahren zur Herstellung einer Schutzschicht,  
Schutzschicht und Bauteil mit einer solchen  
Schutzschicht

**IPC:**

C 23-C, F 01 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. November 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

BEST AVAILABLE COPY

Brosig



Verfahren zur Herstellung einer Schutzschicht, Schutzschicht und  
Bauteil mit einer solchen Schutzschicht

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Schutzschicht, nämlich einer Oxidations- und/oder Korrosionsschutzschicht, für Bauteile, insbesondere für Bauteile einer Gasturbine. Des weiteren betrifft die Erfindung eine Schutzschicht und ein Bauteil mit einer solchen Schutzschicht.

Als Oxidationsschutzschicht bzw. Korrosionsschutzschicht wirkende Beschichtungen aus zumindest Platin und Aluminium für Gasturbinenbauteile sind aus dem Stand der Technik hinlänglich bekannt. Zur Herstellung derartiger Schutzschichten ist es aus dem Stand der Technik bereits bekannt, Platin im Wege einer galvanischen Beschichtung auf ein zu beschichtendes Bauteil aufzutragen und anschließend in einem separaten Prozess Aluminium getrennt aufzutragen. Nach dem Stand der Technik erfolgt das Alitieren des bereits mit Platin beschichteten Bauteils vorzugsweise durch Eindiffundieren. Das Beschichten eines Bauteils mit Platin sowie Aluminium wird nach dem Stand der Technik demnach in zwei voneinander getrennten Prozessen durchgeführt. Zuerst erfolgt das Beschichten mit Platin vorzugsweise auf galvanischem Wege, anschließend erfolgt das Beschichten mit Aluminium vorzugsweise durch Eindiffundieren. Das getrennte Auftragen von Platin und Aluminium ist aus prozesstechnischen Gründen nachteilig, da durch getrennte, hintereinander durchzuführende Beschichtungsverfahren die Zeit zur Herstellung der entsprechenden Schutzschicht verlängert wird.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zur Herstellung einer Schutzschicht, eine neuartige Schutzschicht und ein Bauteil mit einer solchen Schutzschicht zu schaffen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass das eingangs genannte Verfahren durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist. Erfindungsgemäß wird in einem ersten Schritt des Verfahrens ein Bauteil mit einer Substratoberfläche und einer Substratzusammensetzung bereitgestellt. In einem zweiten Schritt

wird ein Beschichtungsmaterial bereitgestellt, wobei das Beschichtungsmaterial zumindest Platin (Pt) und Aluminium (Al) aufweist. Daraufgehend wird das Beschichtungsmaterial aus zumindest Platin (Pt) und Aluminium (Al) auf das zu beschichtende Bauteil in einem PVD-Prozess (Physical Vapour Deposition-Prozess) abgeschieden. Das Platin (Pt) und das Aluminium (Al) werden gemeinsam in einem einzigen PVD-Prozess auf das zu beschichtende Bauteil abgeschieden.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird erstmals vorgeschlagen, Platin und Aluminium mithilfe eines PVD-Verfahrens gemeinsam in einem einzigen Prozessschritt aufzutragen. Hierdurch kann das nach dem Stand der Technik erforderliche, separate Alitieren entfallen. Mithilfe der Erfindung lassen sich Schutzschichten mit den geforderten Schutzeigenschaften schneller herstellen als nach dem Stand der Technik.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird als PVD-Prozess Kathodenzerstäuben, welches auch als Sputtern bezeichnet wird, verwendet, wobei das Sputtern vorzugsweise unter Schutzgasatmosphäre durchgeführt wird.

Die erfindungsgemäße Schutzschicht ist im Patentanspruch 13 und das erfindungsgemäße Bauteil ist im Patentanspruch 16 definiert. Erfindungsgemäße Verwendungen der Schutzschicht ergeben sich aus den Patentansprüchen 14 und 15.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

- Fig. 1 ein Bauteil einer Gasturbine; und
- Fig. 2 eine schematisierte Prozessanordnung zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung der erfindungsgemäßen Schutzschicht.

Nachfolgend wird die hier vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis 2 in größerem Detail beschrieben.

Fig. 1 zeigt als zu beschichtendes Bauteil eine Schaufel 10 einer Gasturbine. Die Schaufel 10 verfügt gemäß Fig. 1 über ein Schaufelblatt 11 sowie einen Schaufelfuß 12. Die Schaufel 10 bezeichnet man auch als zu beschichtendes Substrat, welches eine Substratzusammensetzung aufweist. Die Substratzusammensetzung der Schaufel 10 kann auf einer Nickelbasislegierung oder auch auf einer Kobaltbasislegierung beruhen. Weiterhin ist es möglich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Bauteile zu beschichten, deren Substratzusammensetzung auf einer Titanbasislegierung beruht.

Das zu beschichtende Bauteil, im gezeigten Ausführungsbeispiel die zu beschichtende Schaufel 10, ist an seiner Oberfläche mit einer Oxidationsschutzschicht sowie Korrosionsschutzschicht zu versehen. Gemäß Fig. 1 ist sowohl eine Substratoberfläche 13 im Bereich des Schaufelblatts 11 als auch eine Substratoberfläche 14 im Bereich des Schaufelfußes 12 mit der Schutzschicht zu versehen. Es ist auch vorstellbar, mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lediglich eine bereichsweise Beschichtung der Schaufel 10 vorzunehmen, entweder im Bereich der Substratoberfläche 13 oder im Bereich der Substratoberfläche 14.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird die Oxidationsschutzschicht bzw. Korrosionsschutzschicht für die Schaufel 10 einer Gasturbine dadurch hergestellt, dass ein Beschichtungsmaterial, welches zumindest aus Platin sowie Aluminium zusammengesetzt ist, mithilfe eines PVD-Prozesses auf das zu beschichtende Bauteil abgeschieden wird. Auf die Details des PVD-Prozesses (PVD ist eine Abkürzung für Physical Vapor Deposition) wird nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 2 in größerem Detail eingegangen.

Fig. 2 zeigt eine als Vakuumkammer ausgebildete Prozesskammer 15, in der die zu beschichtende Schaufel 10 auf einer Aufnahme 16 positioniert ist. Die auf der Aufnahme 16 positionierte Schaufel 10 kann im Sinne des Pfeils 17 innerhalb der Prozesskammer 15 drehend bewegt werden, um eine von allen Seiten gleichmäßige Beschichtung der Schaufel 10 zu gewährleisten.

Neben der zu beschichtenden Schaufel 10 ist innerhalb der Prozesskammer 15 weiterhin Beschichtungsmaterial 18 angeordnet, das auch als Target bezeichnet wird. Das Beschichtungsmaterial 18 bzw. Target ist an eine Spannungs- bzw. Stromversorgungsquelle 19 angeschlossen, wobei, wie in Fig. 2 gezeigt, das Beschichtungsmaterial 18 eine Kathode bildet.

Zur Beschichtung der in der Prozesskammer 15 angeordneten Schaufel 10 mit dem ebenfalls in der Prozesskammer 15 angeordneten Beschichtungsmaterial 18 wird die Prozesskammer 15 mithilfe einer Vakuumpumpe 20 evakuiert und darauffolgend wird über die Einspeiseeinrichtung 21 Prozessgas in die Vakuumkammer 15 eingeleitet. Bei dem Prozessgas handelt es sich vorzugsweise um Argon und/oder Krypton.

Innerhalb der Vakuumkammer 15 werden Gasionen des Prozessgases durch das am Beschichtungsmaterial 18 anliegende Spannungsfeld beschleunigt und schlagen auf das Beschichtungsmaterial 18 auf. Hierbei hebeln die Gasionen aus dem Beschichtungsmaterial 18 Metallatome oder Metallmoleküle des Beschichtungsmaterials 18 heraus. Das Beschichtungsmaterial 18 wird demnach durch Impulsübertragung der Gasionen zerstäubt. Die zerstäubten Atome oder Moleküle des Beschichtungsmaterials schlagen sich auf der zu beschichtenden Schaufel 10 sowie auf der Aufnahme 16 nieder und bilden so eine Beschichtung der Schaufel 10. Das oben beschriebene PVD-Verfahren, bei welchem die Gasionen im Wege eines mechanischen Prozesses Atome oder Moleküle aus dem eine Kathode bildenden Beschichtungsmaterial 18 herausgeschlagen, bezeichnet man auch als Kathodenzerstäuben bzw. Sputtern.

Das Sputtern ist ein Spezialfall der PVD-Beschichtung und findet bei der hier vorliegenden Erfindung bevorzugt Verwendung.

Bei der hier vorliegenden Erfindung, bei welcher die zu beschichtende Schaufel 10 mit einer Oxidationsschutzschicht bzw. Korrosionsschutzschicht aus Aluminium und Platin zu beschichten ist, weist das Beschichtungsmaterial 18 zumindest Platin und Aluminium auf. So kann das Beschichtungsmaterial 18 zum Beispiel als eine Platte aus hochreinem Alu-

minium ausgebildet sein, in welche Inseln bzw. Einsätze aus hochreinem Platin integriert sind.

Neben Aluminium und Platin kann das Beschichtungsmaterial 18 auch Nickel und gegebenenfalls auch Kobalt umfassen. Auch Nickel und Kobalt können wie das Platin als Inseln bzw. Einsätze in eine Platte aus hochreinem Aluminium integriert sein. Weiterhin kann das Beschichtungsmaterial 18 auch Yttrium, Hafnium und Silizium aufweisen.

Die Zusammensetzung des Beschichtungsmaterials 18 ist einerseits an die Substratzusammensetzung der zu beschichtenden Schaufel 10 und andererseits an die Zusammensetzung der herzustellenden Schutzschicht angepasst. So muss das Beschichtungsmaterial 18 selbstverständlich zumindest Aluminium und Platin in einer ausreichenden Menge sowie in einer aufeinander abgestimmten Zusammensetzung bereitstellen, damit sich nach dem Sputtern eine Schutzschicht mit der gewünschten Zusammensetzung ergibt. Dabei ist zu beachten, dass die Zusammensetzung des Beschichtungsmaterials 18 bzw. des Targets zugunsten des langsameren bzw. trägeren bzw. weniger aktiven Elements hin verschoben ist. Dies bedeutet, dass bei einem Beschichtungsmaterial aus Platin und Aluminium das Verhältnis von Platin und Aluminium im Beschichtungsmaterial zugunsten von Platin gegenüber der gewünschten Zusammensetzung der Schutzschicht verschoben ist, das sich das Platin gegenüber dem Aluminium bei der Beschichtung träger verhält.

Wie oben bereits beschrieben, handelt es sich bei dem Target bzw. dem Beschichtungsmaterial 18 vorzugsweise um eine Platte aus hochreinem Aluminium, in welches Einsätze bzw. Inseln aus hochreinem Platin und gegebenenfalls hochreinem Nickel sowie hochreinem Kobalt integriert sind. Im Sinne der Erfindung ist es auch möglich, als Beschichtungsmaterial 18 ein plattenförmiges Element bereitzustellen, welches durch heißisostatisches Pressen (Hippen) von zumindest Aluminiumpulver, Platinpulver und gegebenenfalls Nickelpulver bereitgestellt wird. In diesem Fall wird das Beschichtungsmaterial 18 von Elementen gebildet, die in einer sogenannten intermetallischen Phase vorliegen. Hierdurch lassen sich dann besonders oxidationsbeständige Schutzschichten herstellen.

Es liegt weiterhin im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, das beschichtete Bauteil, also im gezeigten Ausführungsbeispiel die beschichtete Schaufel 10, nach der Beschichtung durch den PVD-Prozess einer Wärmebehandlung zu unterziehen. Mithilfe dieser Wärmebehandlung kann erreicht werden, dass das an der Oberfläche der Schaufel 10 abgeschiedene Aluminium sowie Platin in die Oberfläche der Schaufel 10 eindiffundiert.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist es weiterhin möglich, das beschichtete Bauteil vor der Wärmebehandlung und nach dem PVD-Beschichtungsprozess mechanisch zu strahlen. Hierdurch kann die Beschichtung verdichtet werden. Weiterhin ist es möglich, das zu beschichtende Bauteil, also die zu beschichtende Schaufel 10, vor dem PVD-Prozess mechanisch zu strahlen. Hierdurch kann eine Aktivierung der zu beschichtenden Oberflächen erfolgen.

Im Sinne der hier vorliegende Erfindung wird demnach eine Schutzschicht gegen Oxidation und Korrosion an Bauteilen einer Gasturbine dadurch bereitgestellt, dass eine Platin-Aluminium-Schutzschicht mithilfe eines PVD-Prozesses unter Verwendung eines Platin-Aluminium-Targets hergestellt wird. Wie bereits erwähnt, kann das Target bzw. Beschichtungsmaterial 18 neben Platin und Aluminium weitere Elemente, so zum Beispiel Nickel und/oder Kobalt, umfassen. Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird erstmals vorgeschlagen, eine Platin-Aluminium-Schutzschicht für ein Bauteil durch einen PVD-Prozess, nämlich durch Sputtern bzw. durch Kathodenzerstäubung, herzustellen. Das Platin und Aluminium werden demnach in einem gemeinsamen Prozessschritt auf das zu beschichtende Bauteil aufgetragen. Hierdurch kann die Herstellzeit der Schutzschicht verkürzt werden.

Wie bereits erwähnt, erfolgt die PVD-Beschichtung in einer Vakuumkammer, wobei als Startdruck für den PVD-Prozess ein Druck von  $10^{-6}$  mbar verwendet wird. Zur eigentlichen PVD-Beschichtung wird dann Argon als Prozessgas in die Vakuumkammer eingeleitet.

Die Oxidationsbeständigkeit des Bauteils kann dadurch verbessert werden, indem die Nickelbasislegierung bzw. Kobaltbasislegierung des als Substrat dienenden Bauteils Yttrium und/oder Hafnium und/oder Silizium enthält. Yttrium, Hafnium und Silizium fördern nämlich die Oxidationsbeständigkeit des zu beschichtenden Bauteils.

Das erfindungsgemäße Verfahren findet vor allem Verwendung bei Bauteilen für Gasturbinen, insbesondere bei Laufschaufeln, Leitschaufeln, Laufschaufelsegmenten, Leitschaufelsegmenten oder auch bei der Beschichtung von rotationssymmetrischen Bauteilen einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks. Die erfindungsgemäße Schutzschicht dient vorzugsweise als Heißgas-Korrosionsschutzschicht an Bauteilen eines Flugtriebwerks.



## Bezugszeichenliste

10	Schaufel
11	Schaufelblatt
12	Schaufelfuß
13	Substratoberfläche
14	Substratoberfläche
15	Prozesskammer
16	Aufnahme
17	Pfeil
18	Beschichtungsmaterial
19	Strom- und/oder Spannungsquelle
20	Vakuumpumpe
21	Einspeiseeinrichtung

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Schutzschicht gegen Oxidation und/oder Korrosion für Bauteile, insbesondere für Bauteile einer Gasturbine, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
  - a) Bereitstellen eines Bauteils (10) mit mindestens einer Substratoberfläche (13, 14) und einer Substratzusammensetzung,
  - b) Bereitstellen eines Beschichtungsmaterials (18), wobei das Beschichtungsmaterial (18) zumindest Platin (Pt) und Aluminium (Al) aufweist,
  - c) Abscheiden des Beschichtungsmaterials (18) aus zumindest Platin (Pt) und Aluminium (Al) auf das zu beschichtende Bauteil (10) in einem PVD-Prozess (Physical Vapour Deposition-Prozess).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Bauteil (10) mit einer Substratzusammensetzung aus Basis einer Nickellegierung oder Kobaltlegierung bereitgestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Beschichtungsmaterial (18) als sogenanntes Target für den PVD-Prozess bereitgestellt wird, wobei das Beschichtungsmaterial (18) neben Platin (Pt) und Aluminium (Al) auch Nickel (Ni) enthält.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Beschichtungsmaterial (18) zusätzlich auch Kobalt (Co) enthält.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Beschichtungsmaterial (18) zusätzlich auch Yttrium (Y) und/oder Hafnium (Hf) und/oder Silizium (Si) enthält.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Platin (Pt) und das Aluminium (Al) gemeinsam in einem einzigen PVD-Prozess auf das zu beschichtende Bauteil (10) abgeschieden werden.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass als PVD-Prozess Kathodenzerstäuben (Sputtern) verwendet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Kathodenzerstäuben in einer Vakuumkammer (15) unter Schutzgasatmosphäre durchgeführt wird, wobei als Schutzgas bzw. Prozessgas vorzugsweise Argon und/oder Krypton verwendet wird.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass im Anschluss an den PVD-Prozess das beschichtete Bauteil (10) einer Wärmebehandlung unterzogen wird.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass im Anschluss an den PVD-Prozess und vor der Wärmebehandlung das beschichtete Bauteil (10) mechanisch gestrahlt wird.
11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das zu beschichtende Bauteil (10) vor dem PVD-Prozess mechanisch gestrahlt wird.
12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusammensetzung des Beschichtungsmaterials (18) einerseits an das zu beschichtende Bauteil (10) und andererseits an die gewünschte bzw. herzustellende Schutzschicht angepasst ist.
13. Schutzschicht gegen Oxidation und/oder Korrosion für Bauteile, insbesondere für Bauteile einer Gasturbine, wobei die Schutzschicht durch Beschichten eines Bauteil (10) mit zumindest Platin (Pt) und Aluminium (Al) gebildet ist und hierdurch als Schutzschicht einen Substratbereich des Bauteils bildet, der neben den Komponenten einer Substratzusammensetzung des Bauteils (10) zusätzlich zumindest Platin

(Pt) und Aluminium (Al) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht durch eine Verfahren nach einem oder mehreren Ansprüchen 1 bis 12 hergestellt ist.

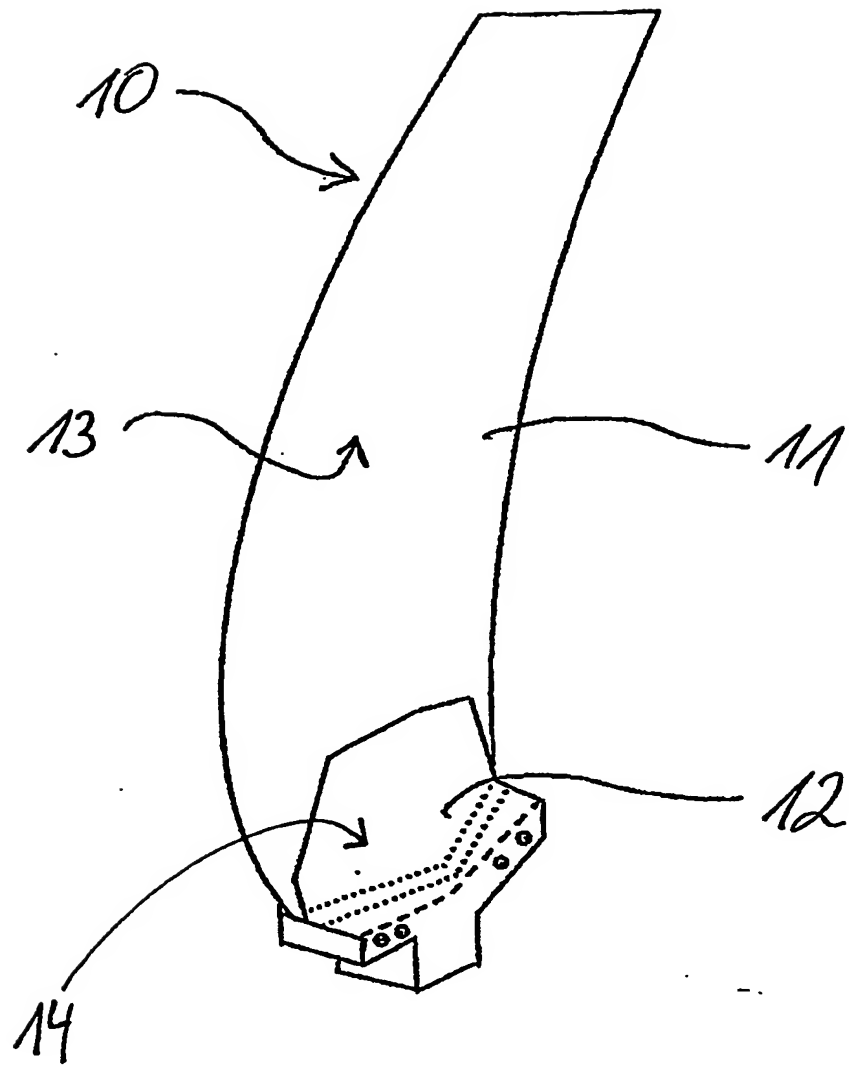
14. Verwendung einer Schutzschicht nach Anspruch 13 als Korrosionsschutzschicht.
15. Verwendung einer Schutzschicht nach Anspruch 13 als Heißgas-Korrosionsschutzschicht.
16. Bauteil mit einer Platin-Aluminium-Schutzschicht, insbesondere Bauteil einer Gasturbine, mit mindestens einer Substratoberfläche (13, 14) und einer Substratzusammensetzung des Bauteils (10), und mit einem im Bereich der oder jeder Substratoberfläche (13, 14) des Bauteils (10) durch Beschichten von zumindest Platin (Pt) und Aluminium (Al) ausgebildeten, als Schutzschicht wirkenden Substratbereich, der die Komponenten der Substratzusammensetzung und zusätzlich zumindest Platin (Pt) und Aluminium (Al) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht durch eine Verfahren nach einem oder mehreren Ansprüchen 1 bis 12 hergestellt ist.
17. Bauteil nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass dasselbe als Schaufel oder Schaufelsegment einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks, ausgebildet ist.

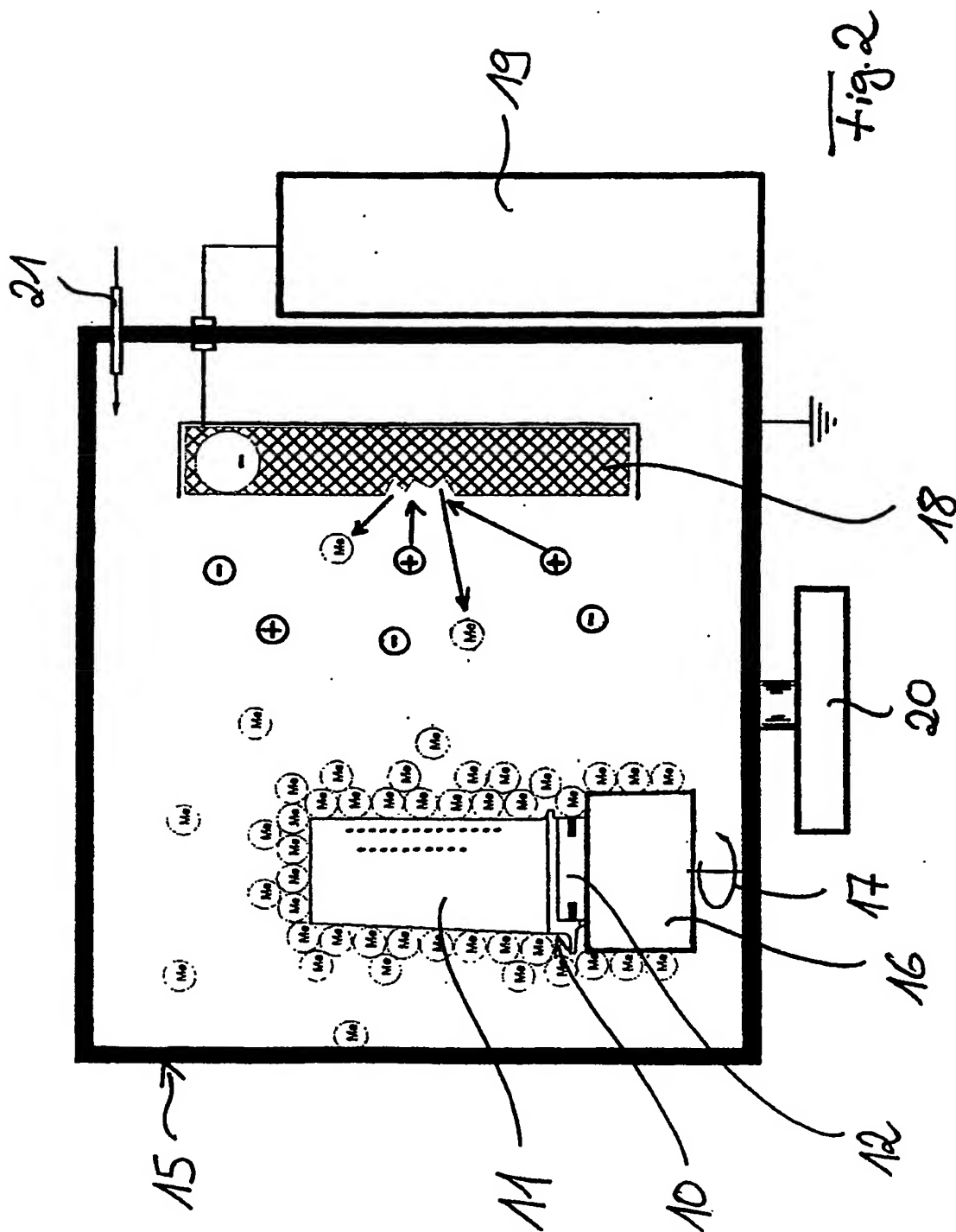
### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Schutzschicht gegen Oxidation und/oder Korrosion für Bauteile, insbesondere für Bauteile einer Gasturbine.

Bei dem Verfahren wird ein Bauteil mit einer Substratoberfläche und einer Substratzusammensetzung bereitgestellt. Dann wird ein Beschichtungsmaterial bereitgestellt, wobei das Beschichtungsmaterial zumindest Platin (Pt) und Aluminium (Al) aufweist. Darauf folgt wird das Beschichtungsmaterial aus zumindest Platin (Pt) und Aluminium (Al) auf das zu beschichtende Bauteil in einem PVD-Prozess (Physical Vapour Deposition-Prozess) abgeschieden. Platin (Pt) und Aluminium (Al) werden gemeinsam mit einem einzigen PVD-Prozess auf das zu beschichtende Bauteil abgeschieden.

(Fig. 2)

Fig. 1



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**